



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 01 068.8

**Anmeldetag:** 14. Januar 2003

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft,  
München/DE

**Bezeichnung:** Stromquelle zum Betrieb der Ablenkspulen einer  
Röntgenröhre

**IPC:** H 05 G, H 01 F, H 01 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 04. Dezember 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Letang

## Beschreibung

## Stromquelle zum Betrieb der Ablenkspulen einer Röntgenröhre

5 Die Erfindung betrifft eine Stromquelle zum Betrieb einer Ablenkspule für einen Elektronen-Strahl einer Röntgenröhre. Die Stromquelle weist eine Spannungsquelle und eine Brückenschaltung auf, die mit jedem Ende der Ablenkspule über jeweils einen Leistungsschalter in Serienschaltung zu jeweils entgegengesetzten Polen der Spannungsquelle verbunden ist.

10 In Röntgeneinrichtungen werden zur Erzeugung von Röntgenstrahlung Röntgenröhren verwendet. In der Röntgenröhre werden Elektronen von einer Kathode durch ein elektrisches Feld, die Röntgenspannung, auf eine Anode beschleunigt. Beim Auftreffen auf die Anode erzeugen die Elektronen infolge ihrer kinetischen Energie charakteristische Röntgenstrahlung. Richtung und Gestalt des erzeugten Röntgenstrahls werden durch die Beschaffenheit und Ausrichtung der Oberfläche der Anode sowie

20 durch Richtung und Brennfleck-Kontur des Elektronenstrahls beim Auftreffen auf die Anode bestimmt. Um einen gebündelten und intensiven Röntgenstrahl in der gewünschten Richtung zu erzeugen, wird der Elektronenstrahl daher fokussiert und auf eine bestimmte Stelle der Anoden-Oberfläche gerichtet.

5 Die Anode wird durch die kinetische Energie der auftreffenden Elektronen stark erwärmt. Daher wird der Elektronenstrahl nicht statisch auf einen Punkt fokussiert, sondern es wird eine Oszillation innerhalb eines bestimmten Bereichs bewirkt, um den Brennfleck auf der Anoden-Oberfläche zu vergrößern und die thermische Belastung besser zu verteilen. Durch Größe und Kontur des Brennflecks können außerdem die Eigenschaften des Röntgenstrahls gezielt beeinflusst werden. Daneben gibt es diagnostische Anwendungen, bei denen zeitgleich oder in möglichst kurzer zeitlicher Abfolge Röntgenstrahlen aus zwei

30 verschiedenen Richtungen benötigt werden. Solche Röntgenstrahlen können durch ein und dieselbe Röntgenröhre erzeugt

35

werden, indem der Elektronenstrahl in schneller zeitlicher Abfolge zwischen zwei unterschiedlichen Brennflecken auf der Anoden-Oberfläche hin- und herbewegt wird. Um die Bewegung des Elektronenstrahls über die Anoden-Fläche zu bewirken, kann er einer Ablenkung durch elektro-magnetische Felder unterworfen werden.

Während zur Fokussierung des Elektronenstrahls auch elektrische Felder verwendet werden, wird dessen Ablenkung vor allem durch magnetische Felder bewirkt. Diese werden durch Ablenkspulen erzeugt, die zwischen Kathode und Anode um den Elektronenstrahl herum angeordnet sind. Je nach Anforderungen an die Schärfe der Fokussierung, an die Komplexität der Brennfleck-Form und an die Möglichkeiten zur Ablenkung des Elektronenstrahls werden ein oder mehrere Ablenkspulen vorgesehen.

Das durch die Spulen erzeugte Magnetfeld wird durch den Spulenstrom variiert. Die Veränderung der Brennfleck-Kontur durch die Bewegung des Elektronenstrahls wird also durch Veränderungen des Spulenstroms bewirkt. Auch die Hin- und Herbewegung des Elektronenstrahls zwischen zwei getrennten Brennflecken oder unterschiedliche Brennfleckformen werden durch teilweise komplexe und schnell abfolgende Variationen des Stroms in den Ablenkspulen bewirkt. Zudem muss auch bei Änderungen der Röntgenspannung, die die Elektronen von der Kathode zur Anode der Röntgenröhre beschleunigt, der Spulenstrom mit verändert werden, um die Beibehaltung der Brennfleckposition zu erreichen; insofern wird der Spulenstrom auch abhängig von der Röntgenspannung variiert.

Zur Erzeugung der variierenden Spulenströme ist eine Stromquelle nötig, die den Strom ausreichend schnell der Röntgenspannung nachführen kann. Der Strom muss in ausreichend genauer Höhe erzeugt werden, um eine stabile Brennfleckposition zu gewährleisten, und er muss zur Erzeugung der Brennfleckgröße und -form möglichst exakt variierbar sein. Darüber hinaus müssen Toleranzen der Röntgenröhre oder der Röntgenspan-

nung durch eine Störgrößenaufschaltung bzw. Regelung des Spulenstroms korrigierbar sein und eine geeignetes Verhalten der Stromquelle bei Zusammenbrüchen der Röntgenspannung infolge von Röhrenüberschlägen gewährleistet werden. Nicht zuletzt sollte die Stromquelle im Hinblick auf die Anwendung in Computer-Tomographen, in denen sie zusammen mit der Röntgenröhre mit hoher Drehzahl um das Untersuchungsobjekt rotiert, möglichst klein sein und zur Verringerung der Wärmebelastung einen hohen Wirkungsgrad aufweisen.

Es ist bekannt, den Spulenstrom mittels klassischer Netzteiltechnologien zu erzeugen. Die induktive Transformation in Netzteilen erlaubt jedoch keine ausreichend schnelle Modulation des Stroms. Es ist außerdem bekannt, den Spulenstrom mittels Funktionsgenerator und nachgeschaltetem Leistungsverstärker mit überlagerter Stromregelung zu realisieren. Dieser Aufbau erfordert jedoch ein hohes Bauvolumen. Außerdem arbeiten Leistungsverstärker mit für die Anwendung zu geringem Wirkungsgrad. Zudem ist der Strom bei großen induktiven Lasten, wie dies die Ablenkspulen sind, aufgrund von deren Selbstinduktion nicht ausreichend stabil regelbar.

Aus der **EP 0 374 289 A1** ist eine Stromquelle bekannt, die auf der Verwendung von Leistungsschaltern basiert. Die Ablenkspule wird dort durch eine Brückenschaltung von vier Leistungsschaltern geschaltet. Zur Ansteuerung der Ablenkspule werden jeweils zwei über Kreuz angeordnete Leistungsschalter geöffnet und die Ablenkspule so mit der Versorgungsspannung beaufschlagt. Diese Anordnung erlaubt ausreichend schnelle Schaltzeiten, um eine ausreichend schnelle Variation des Spulenstroms zu gewährleisten. Die zu variierende Größe, der Spulenstrom, findet jedoch keine Berücksichtigung bei der Ansteuerung der Leistungsschalter. Daher liegt eine Steuerung des Spulenstroms vor. Eine Steuerung bietet keinen Schutz gegen Fehlsteuerungen infolge induktionsbedingten Überschwingers oder sonstiger Störeinflüsse. Außerdem zeigt die Schal-

tung keine geeignete Reaktion bei Auftreten von Zusammenbrüchen der Röntgenspannung infolge von Röhrenüberschlägen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Stromquelle zum Betrieb der Ablenkspulen einer Röntgenröhre anzugeben, die eine schnelle und exakte Erzeugung des Spulenstroms bei gleichzeitig hohem Wirkungsgrad gewährleistet. Es ist ein weiteres Ziel der Erfindung, eine Stromquelle zum Betrieb der Ablenkspulen einer Röntgenröhre anzugeben, die eine weitgehend störungssichere Regelung des Spulenstroms ermöglicht.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch eine Stromquelle mit den Merkmalen des 1. Patentanspruchs.

Der Grundgedanke der Erfindung besteht darin, eine Stromquelle unter Verwendung von Leistungsschaltern anzugeben, mittels derer der Spulenstrom nicht gesteuert, sondern geregelt wird. Die Regelung bietet den Vorteil, dass sowohl typische Störeinflüsse, z.B. durch die Induktivität der Ablenkspulen, als auch untypische Störeinflüsse wie Schwankungen der Versorgungsspannung, automatisch kompensiert werden. Dies ist insbesondere im Hinblick auf nicht regelmäßig oder unerwartet auftretende Störungen vorteilhaft. Außerdem ist die Regelung des Spulenstroms auch deshalb vorteilhaft, weil mit dem Spulenstrom eine mit der Ablenkung des Elektronenstrahls der Röntgenröhre in kausalem Zusammenhang stehende Größe verwendet wird und nicht nur eine Größe in lediglich indirektem Zusammenhang. Der Aufbau mit Leistungsschaltern bietet darüber hinaus den Vorteil schneller Schaltzeiten; außerdem bedingt er eine geringe Baugröße und einen hohen Wirkungsgrad, was die Verwendung der Stromquelle auch in Computer-Tomographen ermöglicht.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, innerhalb des Regelkreises der Stromquelle typische Störsignale zu unterdrücken, die z.B. infolge der Resonanzfrequenz der Induktivität der Ablenkspule entstehen können. Diese

Störunterdrückung bietet den Vorteil, dass systemtypische Störeinflüsse nicht durch eine positive Rückkopplung des Regelkreises zusätzlich verstärkt werden.

5 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, dass die Stromquelle den Strom in Abhängigkeit von der aktuellen Röntgenspannung einstellt, beim Zusammenbrechen der Röntgenspannung infolge eines Röhrenüberschlags jedoch einen vorbestimmten Wert für den Strom einstellt. Dadurch wird er-  
10 reicht, dass der Spulenstrom nach Beseitigung schlagartig aufgetretener Störungen einen vorbekannten Wert aufweist und damit der aktuelle Betriebszustand nach Beendigung des Über-  
schlags unmittelbar bekannt ist.

15 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, den Strom beim Beginn des Röntgenbetriebs unabhängig von einer Messung der Röntgenspannung möglichst schnell auf einen ausreichend hohen Wert zu bringen. Dadurch kann ein all zu langes Verharren des einsetzenden Elektronenstrahls auf  
20 einem Fleck der Anode und damit eine anfänglich allzu große thermische Belastung der Anode verhindert werden. Dieser Erfindungsgedanke findet auch beim Beenden des Röntgenbetriebs Anwendung, bei dem der Strom unabhängig von der Röntgenspannung während einer bestimmten Zeitspanne auf einem hohen Wert  
gehalten wird. Dadurch wird ein all zu langes Verharren des abklingenden Elektronenstrahls verhindert.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

30

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Figuren erläutert. Es zeigen:

FIG 1 System aus Stromquelle, Ablenkspule und Röntgenröhre,  
35

FIG 2 Ablenkspule und Stromquelle gemäß der Erfindung,

FIG 3      Spulenspannung und Spulenstrom der Stromquelle gemäß der Erfindung.

5    **Figur 1** zeigt ein System aus Stromquelle 17, Ablenkspule 11 und Röntgenröhre 1 im Überblick. Der besseren Darstellbarkeit halber ist ein System mit lediglich einer Ablenkspule bzw. einem Ablenkspulen-Paar dargestellt. Das System kann zur Erzeugung komplexer Brennfleck-Konturen und vielfältigen Brennfleck-Positionen jedoch ohne weiteres auf mehrere Ablenkspulen 11 erweitert werden, die jeweils mit einem eigenen Spulenstrom beaufschlagt werden.

15    Aus der Kathode 3 der Röntgenröhre 1 werden Elektronen emittiert und durch die Röntgenspannung zur Anode 5 beschleunigt. Die Röntgenspannung wird durch den Röntgengenerator 7 erzeugt und beeinflusst direkt die kinetische Energie der Elektronen und damit indirekt die charakteristischen Eigenschaften der durch die Röntgenröhre 1 erzeugten Röntgenstrahlung. Sie wird  
20    je nach Anwendung variiert.

Die aus der Kathode 3 austretenden Elektronen bilden innerhalb der Röntgenröhre 1 einen Röntgenstrahl 9, der in Figur 1 schematisch dargestellt ist. Die Kathode 3 ist so konstruiert, dass der austretende Elektronenstrahl 9 bereits fokussiert ist. Eine weitere Fokussierung kann bei Bedarf durch magnetische Felder erreicht werden, die durch um die Röntgenröhre 1 angeordnete Spulen erzeugt werden, die in der Figur 1 aber nicht dargestellt sind. Dargestellt sind jedoch Ablenkspulen 11, durch die der Elektronenstrahl 9 abgelenkt werden kann. Dadurch wird der Brennfleck auf der Oberfläche der Anode 5 verschoben. Die Verschiebung des Brennflecks hängt von der kinetischen Energie der Elektronen und damit von der Röntgenspannung ab. Außerdem hängt sie von der Größe des  
30    durch die Ablenkspulen 11 erzeugten Magnetfeldes und damit  
35    von dem die Ablenkspulen 11 durchfließenden Spulenstrom ab.

In Figur 1 schematisch dargestellt ist zum einen eine Verschiebung des Brennflecks um einen bestimmten Betrag. Diese Verschiebung wird durch einen Spulenstrom  $I_R$  bewirkt, der deswegen in der Abbildung als räumliches Maß für die Verschiebung des Brennflecks angedeutet ist. Neben der Verschiebung des Brennflecks durch den Spulenstrom  $I_R$  wird außerdem eine Verbreiterung des Brennflecks durch eine Variation des Spulenstroms um einen Betrag  $\Delta I_R$  eingestellt. Diese Verbreiterung ist in der Abbildung als räumliches Maß  $\Delta I_R$  dargestellt.

Die Richtung des Elektronenstrahls 9 und die Position des Brennflecks auf der Anode 5 bestimmen Richtung und Eigenschaften des durch die auftreffenden Elektronen erzeugten Röntgenstrahls. Die Verbreiterung des Brennflecks bewirkt zusätzlich die Verbreiterung des erzeugten Röntgenstrahls. Diese Größen können durch die Stromquelle 17 gezielt beeinflusst werden.

Der Stromquelle 17 wird über einen Röntgenspannungs-Eingang 15 ein der Röntgenspannung proportionales Signal zugeführt, das über einen Spannungsteiler 13 vom Röntgengenerator 7 abgegriffen wird. Sie bestimmt den Spulenstrom in Abhängigkeit von diesem Signal. Weitere Steuerdaten gehen der Stromquelle 17 durch einen Steuerdaten-Eingang 19 zu. Diese Steuerdaten dienen z.B. der Vorgabe einer gewünschten Brennfleckposition und Brennfleck-Breite oder -Kontur je nach Anwendung und Röntgenröhren-Typ. Die Stromquelle 17 ermittelt anhand der Steuerdaten und des Röntgenspannungs-Signals einen Ablenkstrom  $I_R$  sowie eine Ablenkstrom-Variation  $\Delta I_R$ , mit denen sie die Ablenkspulen 11 beaufschlagt.

**Figur 2** zeigt die Stromquelle 17 in einem schematischen Schaltplan. Auch in Figur 2 ist der besseren Darstellbarkeit halber ein System mit nur einer Ablenkspule 11 dargestellt.



Die Steuerdaten und das Röntgenspannungs-Signal gehen über die entsprechenden Eingänge 15 und 19 einem Ablenkstrom-Rechner 21 zu. Dieser ermittelt aus diesen Eingangssignalen die gewünschte Brennfleck-Ablenkung sowie Brennfleck-

5 Verbreiterung bzw. Brennfleck-Kontur. Er erzeugt daraus zwei Steuersignale  $I_{\max}$  23 und  $I_{\min}$  25 als Ausgangssignal. Die beiden Signale werden der weiteren Schaltung zugeleitet und dienen jeweils als ein Eingangssignal für einen Ausschalt-Komparator 27 und einen Einschalt-Komparator 29. Die beiden Signale die-  
10 nen der Definition eines minimalen und eines maximalen Ablenkstroms und legen damit also den Ablenkstrom  $I_R$  sowie die Ablenkstrom-Varianz  $\Delta I_R$  fest. Sie geben also die Brennfleck-Position sowie die Brennfleck-Verbreiterung vor.

15 Die Ausgangssignale des Ausschalt-Komparators 27 und des Einschalt-Komparators 29 gehen einer Störungsaustastung 31 zu. In der Störungsaustastung 31 werden Störsignale mit systemtypischen Frequenzen unterdrückt, z.B. Signale mit der Resonanzfrequenz der Ablenkspule 11. Das Ausgangssignal der Stö-  
20 rungsaustastung 31 ist von den systemtypischen Störeinflüssen befreit und zeigt an, ob der Ablenkstrom für Ablenkspule 11 ein- oder ausgeschaltet werden soll. Z.B. könnte das Ausgangssignal des Einschalt-Komparators 29 bzw. des Ausschalt-Komparators 27 eine positive Signalflanke zum Einschalten  
25 bzw. zum Ausschalten des Ablenkstroms zeigen. Dann würde das Ausgangssignal der Störungsaustastung 31 durch das Ausgangssignal des Einschalt-Komparators 29 gesetzt und durch das Ausgangssignal des Ausschalt-Komparators 27 zurückgesetzt werden. Je nach Beschaltung der beiden Komparatoren 27 und 29  
30 müssen deren Ausgangssignale auf andere geeignete Art durch die Störungsaustastung 31 logisch verknüpft werden.

Das Ausgangssignal der Störungsaustastung 31 wird durch einen Verstärker 33 verstärkt und dient der Betätigung zweier Leistungsschalter 35. Werden die Leistungsschalter 35 geschlos-  
35 sen, so wird die Ablenkspule 11 mit der Spannung der Spannungsquelle 37 beaufschlagt. Die Leistungsschalter 35 bilden

gemeinsam mit den Dioden 39 eine Brückenschaltung 34. Durch die Anordnung der Leistungsschalter 35 und der Dioden 39 in der Brückenschaltung 34 wird die Ablenkspule 11 jeweils über Kreuz an die Spannung der Spannungsquelle 37 angelegt.

5

Statt der Dioden 39 könnten auch weitere Leistungsschalter vorgesehen werden. Diese müssten dann aber eigens angesteuert werden, was unter Umständen einen größeren Schaltungsaufwand mit sich bringen würde. Daher wurde in der Darstellung eine Variante mit Dioden 39 gewählt.

10

Sind die Leistungsschalter 35 geöffnet, so ist die Ablenkspule 11 über die Dioden 39 mit der Spannungsquelle 37 verbunden. Die Dioden 39 sind in Durchgangsrichtung geschaltet und an der Ablenkspule 11 liegt somit die Spannung  $-U$  an.

15

Werden die Leistungsschalter 35 nun geöffnet, so wird die Ablenkspule 11 über die Leistungsschalter 35 an die Spannungsquelle 37 angelegt und dadurch mit der Spannung  $+U$  beaufschlagt. Dadurch steigt der Spulenstrom in der Ablenkspule 11 gemäß der Gleichung  $dI/dt = U/L$ .

20

Werden die Leistungsschalter 35 nun wieder geschlossen, liegt die Ablenkspule 11 wieder über die Dioden 39 an der Spannungsquelle 37 an und es liegt wieder die Spannung  $-U$  an. In der Ablenkspule 11 ist jedoch noch Magnetfeld-Energie gespeichert, durch die der Spulenstrom zunächst trotz Umpolung weiterfließt und erst mit der Zeit abfällt.

5

Als Leistungsschalter 35 werden Transistoren verwendet, die im Schaltbetrieb arbeiten. Bei dieser Betriebsweise entsteht nur minimale Verlustleistung. Der Stromanstieg und -Abfall in der Ablenkspule 11 ist gemäß der oben genannten Gleichung  $dI/dT = U/L$  nur von der Spannung der Spannungsquelle 37 und vom Elementwert der Ablenkspule abhängig. Diese beiden Größen bestimmen also, wie schnell der Ablenkstrom verstellt werden

30

35

kann, um die Ablenkung des Elektronenstrahls z.B. an schnelle Änderungen der Röntgenspannung anzupassen.

5 An einem Stromabgriff 41 wird ein dem durch die Ablenkspule  
11 fließenden Spulenstrom proportionales Signal abgegriffen.  
Es wird durch einen Verstärker 43 verstärkt und dem Ein-  
schalt-Komparator 27 sowie dem Ausschalt-Komparator 29 zuge-  
führt. Dadurch wird der Strom-Regelkreis geschlossen, da den  
10 beiden Komparatoren mit dem Spulenstrom gerade die Regelgröße  
zugeführt wird. In Abhängigkeit von der Größe des Spulen-  
stroms regeln die beiden Komparatoren als Regelparameter die  
Schaltzeiten für den Spulenstrom. Der Regelkreis stellt einen  
Zweipunkt-Regler dar, in dem der Maximalstrom  $I_{\max}$  sowie der  
Minimalstrom  $I_{\min}$  als Sollwerte vorgegeben werden, zwischen  
15 denen der gemessene Spulenstrom pendelt.

Ein Überschwingen der Regelgröße, des Ablenkstroms, ist nicht  
möglich, da bei Erreichen der Stromgrenzen  $I_{\min}$  und  $I_{\max}$  die  
Leistungsschalter 35 umgeschaltet werden. Der Ablenkstrom  
20 kann somit nie den Sollbereich verlassen. Störeinflüsse wie  
Strompulse durch Spulenresonanzen beim Schalten werden zur  
Verhinderung einer Verschärfung aufgrund positiver Rückkopp-  
lung des Regelkreises durch die Störungsaustastung 31 elimi-  
niert.

25 Die Genauigkeit der Regelung wird lediglich durch die Genau-  
igkeit der Strommessung über Strom-Abgriff 41 und durch die  
Geschwindigkeit der Schaltzeiten durch die Leistungsschalter  
35 begrenzt. Die Regelungsgenauigkeit gilt dabei für die Spu-  
lenstromvarianz  $\Delta I_R$  sowie für den Spulenstrom-Mittelwert  $I_R$ .  
Außerdem können bereits die Steuerdaten für den Ablenkstrom-  
Rechner 21 neben Brennnfleck-Positionen und -Konturen auch  
Daten zum Abgleich von Fertigungstoleranzen und zu verschie-  
denen Typen von Röntgenröhren enthalten. Dabei können auch  
35 für Röntgenröhren typische Störeffekte, wie z.B. Teller-  
schlag, durch Störgrößenaufschaltung bereits in den abgespei-  
cherten Sollwerten eliminiert werden.

Die Regelung bietet den für Regelungen typischen Vorteil, dass Störeinflüsse automatisch kompensiert werden. Ein weiterer Vorteil der beschriebenen Regelung besteht darin, dass wegen des kausalen Zusammenhangs zwischen Ablenkstrom, Ablenkung des Elektronenstrahls und Brennfleckposition als Regelgröße mit dem Spulenstrom im wesentlichen gerade die Brennfleck-Position vorgegeben wird. Damit stehen die Sollwerte der Regelgröße mit den Brennfleck-Eigenschaften, an denen das eigentliche Interesse besteht, in direktem Zusammenhang.

Die Sollwerte für den Zweipunktregler werden durch den Ablenkstrom-Rechner 21 aus der gemessenen Röntgenspannung errechnet. Dabei können verschiedene eindimensionale Brennfleckpositionen und -breiten im Ablenkstrom-Rechner 21 gespeichert und abgerufen werden. Die dargestellte einkanalige Regelung kann ohne Schwierigkeiten auch auf Mehrkanal-Regelungen erweitert werden, indem der Steuerrechner für jeden weiteren Regel-Kanal eigene Sollwerte für Maximal- und Minimalstrom errechnet, die jeweils einem weiteren Regelkreis für eine weitere Ablenkspule zugeführt werden. Durch eine Mehrkanalregelung ist es möglich, nicht nur die eindimensionale Brennfleck-Position sowie die Brennfleck-Verbreiterung vorzugeben, sondern auch verschiedene zweidimensionale Positionen und Konturen. Diese können ebenfalls im Ablenkstrom-Rechner 21 gespeichert und abrufbar sein.

Gegebenenfalls müssen die Kanäle zeitlich aufeinander abgestimmt werden. Eine Synchronisation kann wegen des oben genannten Zusammenhangs für die Stromanstiegs- und Stromabfall-Steilheit  $dI/dt = U/L$  z.B. über die Steuerung der Spannung der Spannungsquelle 37 erfolgen.

Der Ablenkstrom-Rechner 21 weist ein spezielles Programm für den Beginn des Röntgenbetriebs auf. Zeitverzögerungen der Ablenkung beim Einschalten führen durch das Verharren des noch nicht abgelenkten Elektronenstrahls zu extremer Erwärmung und

Aufschmelzungen in der Mitte der Anode 5. Der Ablenkstrom-Rechner 21 gibt daher beim Einschalten zunächst einen von der Röntgenspannung unabhängigen Sollwert für den Ablenkstrom vor, auf den der Spulenstrom anfänglich schnell ansteigt. Sobald ein durch den Ablenkstrom-Rechner 21 in Abhängigkeit von der Röntgenspannung errechneter maximaler sowie minimaler Spulenstromwert vorliegt, wird dieser als Sollwerte vorgegeben. Dadurch wird erreicht, dass Einschaltverzögerungen infolge von Verzögerungen bei der Hochspannungsmessung der Röntgenspannung oder Abtastzeiten oder Rechenzeiten vermieden werden.

Der Ablenkstrom-Rechner 21 weist weiter ein spezielles Ausschaltprogramm auf. Die Röntgenspannung fällt nach dem Abschalten in aller Regel exponentiell, jedenfalls aber äußerst schnell ab. Da der Ablenkstrom infolge der durch die Anordnung vorgegebenen endlichen Stromsteilheit  $dI/dt$  langsamer abfällt, bestünde ohne Ausschaltprogramm die Gefahr, dass der Elektronenstrahl unkontrolliert an eine falsche Stelle treffen und durch die hohen thermischen Belastungen die Röhre schädigen würde. Das Abschaltprogramm stellt sicher, dass sich der abklingende Elektronenstrahl weiterhin mit hoher Geschwindigkeit über die Anode 5 bewegt.

Außerdem weist der Ablenkstrom-Rechner 21 ein spezielles Programm zur Reaktion auf Zusammenbrüche in der Röntgenspannung auf. Solche Zusammenbrüche treten infolge von Überschlügen in der Röntgenröhre 1 von Zeit zu Zeit auf. Würde der Ablenkstrom auch bei derartigen Überschlügen in Abhängigkeit von der Röntgenspannung errechnet werden, so hätte dies ein Aussetzen der Ablenkung des Elektronenstrahls zur Folge. Um dies zu verhindern, werden bei schnellem Einbrechen der Röntgenspannung vorgegebene Sollwerte für den minimalen und maximalen Spulenstrom verwendet. Dadurch ist der Brennfleck nach Überschlügen in der Röntgenröhre 1 unmittelbar an der Sollposition, und nicht etwa von Tastzeiten bei der Hochspannungsmessung der Röntgenspannung abhängig. Als Ablenkstrom-

Sollwerte bei schnellen Einbrüchen der Röntgenspannung könnten fest vorgegebene Werte verwendet werden, es können aber auch die unmittelbar vor Auftreten der Spannungszusammenbrüche benutzten Werte verwendet werden.

5

**Figur 3** zeigt den zeitlichen Verlauf der Spannung und des Stroms an der Ablenkspule 11, der sich durch die in Figur 2 dargestellte Regelung einstellt. Bei dem dargestellten Spannungs- und Stromverlauf ist ein spezielles Einschaltprogramm des Ablenkstrom-Rechners 21 nicht berücksichtigt. Zum Zeitpunkt  $T_0$  wird die Röntgenspannung eingeschaltet. Beim Einschalten werden in Abhängigkeit von der Röntgenspannung ein Maximalwert für den Ablenkstrom  $I_{\max}$  und ein Minimalwert  $I_{\min}$  errechnet und dem Regelkreis vorgegeben. Im Regelkreis werden daraufhin die Leistungsschalter 35 geöffnet und die Ablenkspule 11 dadurch von der Spannung 0V auf die Spannung +U umgepolt. Dadurch setzt der Ablenkstrom durch die Ablenkspule 11 ein und steigt gemäß der Gleichung  $dI/dT = U/L$  an, bis er den Sollwert für den maximalen Ablenkstrom  $I_{\max}$  erreicht. Sobald  $I_{\max}$  erreicht ist, werden die Leistungsschalter 35 geöffnet. Dadurch legt die Ablenkspule 11 nicht mehr an der Spannung +U sondern auf -U. Nach Umschalten der Spannung an der Ablenkspule 11 sinkt der Spulenstrom mit derselben Zeitkonstante wie beim Ansteigen, bis er den minimalen Sollwert  $I_{\min}$  erreicht. Bei Erreichen von  $I_{\min}$  werden die Leistungsschalter 35 wieder geschlossen und die Ablenkspule 11 wieder an die Spannung +U gelegt. Dadurch steigt der Spulenstrom wieder bis auf den Sollwert  $I_{\max}$  an, bei dessen Erreichen die Leistungsschalter 35 wieder geöffnet werden. Dieser Vorgang wiederholt sich zyklisch.

Der dargestellte Spannungs- und Stromverlauf an der Ablenkspule 11 ergibt sich, abgesehen von den maximalen und minimalen Stromwerten, allein aus der Schaltung des Regelkreises. Die dreieckförmige Strommodulation ist optimal geeignet zur Ablenkung des Elektronenstrahls einer Röntgenröhre 1, da dadurch die gesamte Brennfleck-Breite mit gleichmäßiger Inten-

sität und Geschwindigkeit überstrichen wird. Im Gegensatz dazu würde z.B. eine Sinus-förmige Schwingung eine langsame Änderung der Ablenkung des Elektronenstrahls an den Randbereichen sowie eine schnelle Änderung im mittleren Bereich bewirken. Der erzeugte Röntgenstrahl sowie die thermische Belastung der Anode 5 wären dann inhomogen.

Die Frequenz der Oszillation des Ablenkstroms ist durch den minimalen und maximalen Sollwert  $I_{\min}$  und  $I_{\max}$  sowie durch die Zeitkonstante beim Ansteigen und Abfallen des Spulenstroms abhängig. Die Zeitkonstante wiederum hängt von der Induktivität der Ablenkspule 11 sowie von der an die Spule angelegten Spannung ab. Diese Spannung kann durch den Ablenkstrom-Rechner 21 vorgegeben werden, um die Frequenz der Oszillation des Ablenkstroms zu beeinflussen. Falls nötig, kann dadurch eine bestimmte Frequenz vorgegeben und gegebenenfalls auch durch den Ablenkstrom-Rechner 21 geregelt werden.

## Patentansprüche

1. Stromquelle (17) zum Betrieb einer Ablenkspule (11) für einen Elektronen-Strahl (9) einer Röntgenröhre (1) mit einer  
5 Spannungsquelle (37) und mit einer Brückenschaltung (34), die mit jedem Ende der Ablenkspule (11) über jeweils einen Leistungsschalter (35) in Serienschaltung zu jeweils entgegengesetzten Polen der Spannungsquelle (37) verbunden ist,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass ein Strom-  
10 Abgriff (41) zum Abgriff eines dem Strom durch die Ablenkspule (11) proportionalen Spulenstrom-Signals vorgesehen ist, dass ein Einschalt-Komparator-Mittel (27) und ein Ausschalt-Komparator-Mittel (29) vorgesehen sind, die mit dem Strom-  
Abgriff (41) verbunden sind, dass dem Einschalt-Komparator-Mittel (27) außerdem ein Einschaltstrom-Signal  $I_{\min}$  (23) und  
15 dem Ausschalt-Komparator-Mittel (29) außerdem ein Ausschaltstrom-Signal  $I_{\max}$  (25) zugeführt wird, und dass die Leistungsschalter (35) mit dem Einschalt- und Ausschalt-Komparator-Mittel (27, 29) so verbunden sind, dass sie geschlossen werden,  
20 falls das Spulenstrom-Signal das Einschaltstrom-Signal  $I_{\min}$  (23) unterschreitet, und geöffnet, falls das Spulenstrom-Signal das Ausschaltstrom-Signal  $I_{\max}$  (25) überschreitet.

2. Stromquelle nach Anspruch 1

25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Brückenschaltung (34) an jedem Ende der Ablenkspule (11) jeweils eine Diode (39) in Serienschaltung zum jeweils anderen Pol der Spannungsquelle (37) als der am selben Ende der Ablenkspule (11) angeordnete Leistungsschalter (35) aufweist.

30

3. Stromquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Einschalt-Komparator-Mittel (27) und das Ausschalt-Komparator-Mittel (29) mit einer Einrichtung zur Störungsaustastung (31)  
35 verbunden sind, durch die Störsignale mit Frequenzen unterdrückbar sind, die der Resonanzfrequenz der Ablenkspule (11) entsprechen, und dass die Signale zum Schalten der Leistungs-



schalter (35) durch die Störungsaustastung (31) von Störungen bereinigbar sind.

4. Stromquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass ein Ab-  
lenkstrom-Rechner (21) vorgesehen ist, durch den das Ein-  
schaltstrom-Signal  $I_{\min}$  (23) und das Ausschaltstrom-Signal  $I_{\max}$   
(25) in Abhängigkeit von der Röntgenspannung der Röntgenröhre  
(1), von der Bauart der Röntgenröhre (1), von Fertigungstole-  
10 ranzen der Röntgenröhre (1), von der Alterung der Röntgenröh-  
re (1) und/oder von bekannten, wiederkehrenden Störeinflüssen  
beim Betrieb der Röntgenröhre (1) vorgebbar ist.

5. Stromquelle nach Anspruch 4

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass durch den  
Ablenkstrom-Rechner (21) bei schlagartigem Zusammenbrechen  
der Röntgenspannung ein von der Röntgenspannung unabhängiges  
Einschaltstrom-Signal  $I_{\min}$  (23) und Ausschaltstrom-Signal  $I_{\max}$   
(25) vorgebbar ist.

20

6. Stromquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass beim Star-  
ten und/oder beim Beenden des Betriebs der Röntgenröhre (1)  
ein von der Röntgenspannung unabhängiges Ausschaltstrom-  
Signal  $I_{\max}$  (25) und/oder Einschaltstrom-Signal  $I_{\min}$  (23) vor-  
25 gebbar ist.

7. Röntgeneinrichtung mit einer Röntgenröhre (1), mit einer  
Ablenkspule (11) für einen Elektronen-Strahl (9) der Röntgen-  
30 röhre (1), und mit einer Stromquelle (17) gemäß einem der  
vorhergehenden Ansprüche zum Betrieb der Ablenkspule (11).

## Zusammenfassung

Stromquelle zum Betrieb der Ablenkspulen einer Röntgenröhre

- 5 Die Erfindung betrifft eine Stromquelle (17) zum Betrieb einer Ablenkspule (11) für den Elektronen-Strahl (9) einer Röntgenröhre (1). Die Stromquelle (17) weist eine Spannungsquelle (37) und eine Brückenschaltung (34) auf, die mit jedem  
10 Ende der Ablenkspule (11) über jeweils einen Leistungsschalter (35) in Serienschaltung zu jeweils entgegengesetzten Polen der Spannungsquelle (37) verbunden ist. Gemäß der Erfindung ist ein Strom-Abgriff (41) zum Abgriff eines dem Strom durch die Ablenkspule (11) proportionalen Spulenstrom-Signals vorgesehen. Mit dem Strom-Abgriff (41) sind ein Einschalt-  
15 Komparator-Mittel (27) und ein Ausschalt-Komparator-Mittel (29) verbunden, denen außerdem ein Einschaltstrom-Signal  $I_{\min}$  (23) und ein Ausschaltstrom-Signal  $I_{\max}$  (25) zugeführt wird. Die Leistungsschalter (35) sind mit dem Einschalt- und Ausschalt-Komparator-Mittel (27, 29) so verbunden sind, dass sie  
20 geschlossen werden, falls das Spulenstrom-Signal das Einschaltstrom-Signal  $I_{\min}$  (23) unterschreitet, und geöffnet, falls das Spulenstrom-Signal das Ausschaltstrom-Signal  $I_{\max}$  (25) überschreitet.

25 FIG 2

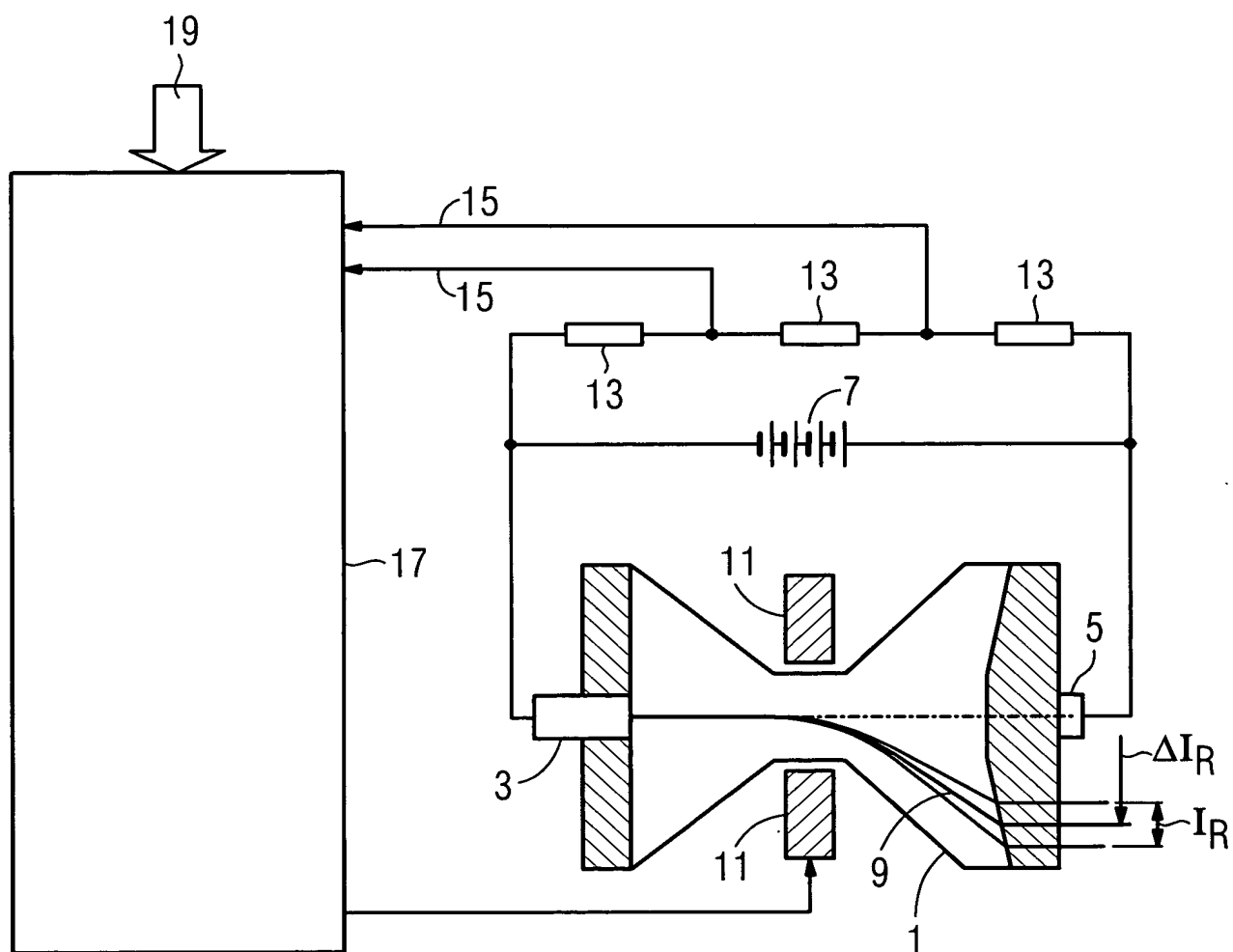


FIG 1

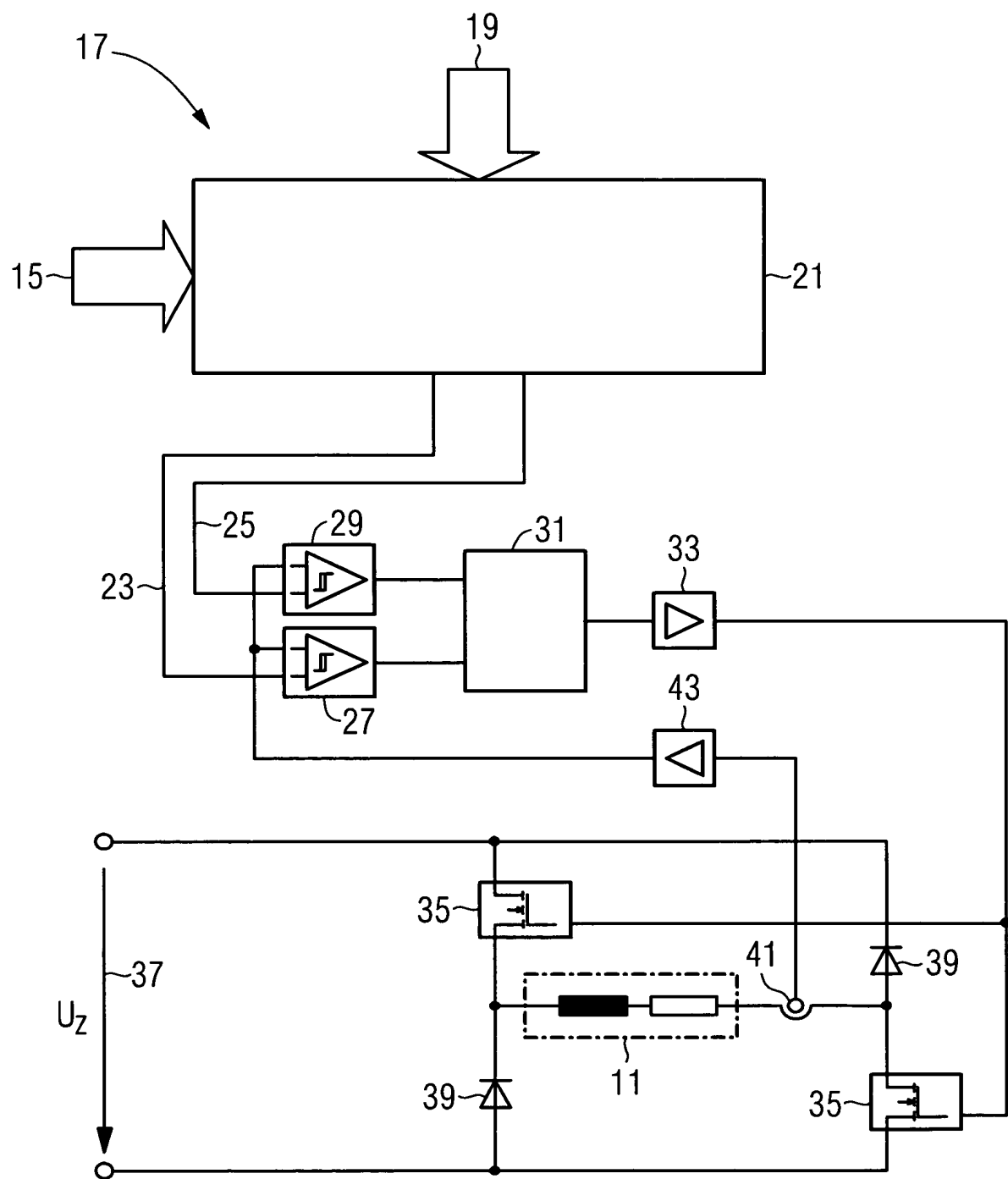


FIG 2

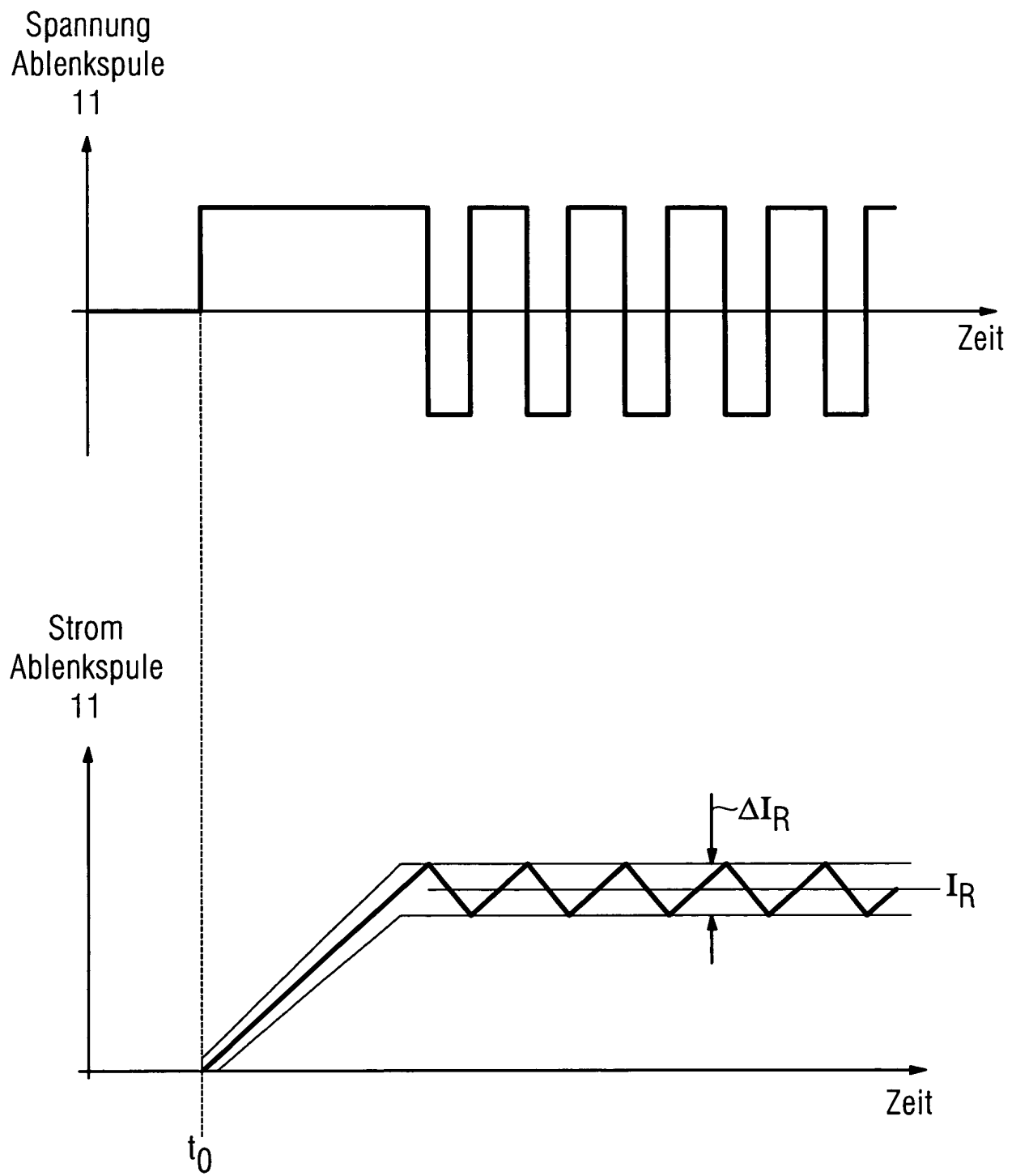


FIG 3

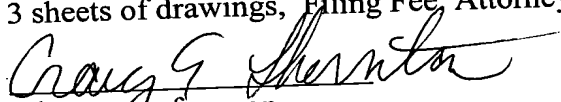
CERTIFICATE OF MAILING BY "EXPRESS MAIL"

"Express Mail" Mailing Label Number **EJ 077698518US**

Date of Deposit: January 14, 2004

I hereby certify that the following is being deposited with the United States Postal "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 CFR 1.10 on the date indicated above and is addressed to Mail Stop Patent Application, Commissioner for Patents, PO Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Proposed Patent Application for JOSEF DEURINGER entitled "POWER SOURCE FOR REGULATED OPERATION OF THE DEFLECTION COIL OF AN X-RAY TUBE" consisting of specification, claims, abstract, Certified Copy of German application 103 01 068.8, 3 sheets of drawings, Filing Fee, Attorney Docket No. P03,0597

  
Signature of person  
mailing application